

С.А.РАССАМАКИНА, магістр, НТУ «ХП»,
А.Ю. ЧЕРНОКОЗОВ, магістр, НТУ «ХП»,
Г.В. БЕЗПРОЗВАННИХ, д.т.н., проф., НТУ «ХП»

ВПЛИВ НА ПЕРЕХІДНЕ ЗАГАСАННЯ ТЕЛЕФОННИХ КАБЕЛІВ ВАРІАЦІЙ ЧАСТКОВИХ ЄМНОСТЕЙ

Виконані розрахунки коефіцієнту асиметричності та електричної складової перехідного загасання при варіаціях часткових ємностей в телефонних кабелях для групових абонентських ліній. Показано, що для забезпечення якості цифрових сигналів, які передаються по кабелю, настройки технологічного обладнання повинні забезпечувати відхилення ємності відносно номінального значення не більше як на 1%.

Выполнены расчеты коэффициента асимметрии и электрической составляющей переходного затухания при вариациях частичных емкостей в телефонных кабелях для групповых цифровых абонентских линий. Показано, что для обеспечения качества передаваемого цифрового сигнала настройки технологического оборудования должны обеспечивать отклонение рабочей емкости относительно номинальной не более чем на 1%.

Factor calculations unbalance and an electric component of transitive attenuation are executed at variations of partial capacities in telephone cables for group digital user's lines. It is shown, that for maintenance of quality of a transferred digital signal of adjustment of the process equipment should provide a deviation of working capacity concerning nominal no more than on 1 %.

Розвиток інтелектуальних інформаційних мереж абонентського доступу йде в напрямку розширення спектру інформації: від аналогової телефонії через Internet до цифрового відео по запиту. Для забезпечення передачі широкосмугових цифрових сигналів необхідна відповідна кабельна інфраструктура. Розширення та модернізація мереж абонентського доступу ведеться в напрямку використання магістральних волоконно-оптичних кабелів та сучасних симетричних телефонних кабелів для групових цифрових абонентських ліній.

Підвищення швидкості передачі цифрових сигналів в абонентській мережі обумовлює жорсткі вимоги до електричних параметрів телефонних кабелів. А це, в свою чергу, зобов'язує виробників кабельної продукції впроваджувати «високі» технології при виготовленні кабелів для сучасних цифрових мереж, в тому числі і абонентського доступу [1 – 2].

Для симетричної (збалансованої) пари принципово важлива властивість симетричності, тобто однакові фізичні та електричні властивості прямого та зворотного провідників. В іншому випадку значно зростають струми та напруги перешкод, що виникають в ланцюзі. Суть симетричності полягає в тому, що струми та напруги, які наводяться, мають практично однакові амплітуди та протилежні фази, тобто компенсують один одне. Ряд важливих параметрів симетричних кабелів

пов'язано з механізмом взаємних впливів між парами. Перехідні перешкоди є основним джерелом шумів, які знижують якість передачі сигналів в мережах на симетричних кабелях. Актуальність цієї задачі постійно зростає, адже перехідні перешкоди зростають зі збільшенням частоти, тобто при забезпеченні нових видів послуг в абонентській мережі.

Ціль статті: аналіз впливу на перехідне загасання розкиду часткових ємностей між сусідніми симетричними парами в кабелі з однією четвіркою.

На рис.1 показано міст часткових ємностей (рис.1): 1, 2, 3, 4 – ізолювані провідники, між якими утворюється чотири часткові ємності: C_{12} , C_{14} , C_{24} , C_{23} . В такій конструкції дві робочі симетричні пари: 1, 2 – перша; 3, 4 – друга пара відповідно. В разі ідеальної конструкції часткові ємності однакові (рис.2): напруженості електричного поля повністю ідентичні відповідно до поданих потенціалів на жили пар: +50 В на жили 1,3; та -50 В – на жили 2,4. Коефіцієнт ємнісного зв'язку в такій конструкції дорівнює нулю.

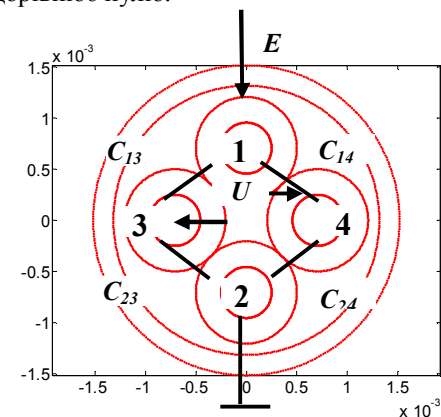


Рис. 1 – Міст часткових ємностей одночетвіркового симетричного кабелю

При подачі напруги E на пари напруга перешкоди U в діагоналі моста відсутня (рис.1), тобто відсутні взаємні перешкоди між парами.

Відхилення в діаметрах провідників, товщині ізоляції, кроків скрутки від номінальних значень призводить до появи асиметричності в електричних ємностях K_1 :

$$K_1 = (C_{13} + C_{24}) - (C_{14} + C_{23}) \quad (1)$$

В результаті в діагоналі мосту виникає напруга перешкоди U :

$$U = E \frac{C_{13} \cdot C_{24} - C_{14} \cdot C_{23}}{(C_{13} + C_{24}) \cdot (C_{14} + C_{23})} \quad (2)$$

або в логарифмічних одиницях виміру:

$$U_d = 20 \lg \frac{E}{U}, dB \quad (3)$$

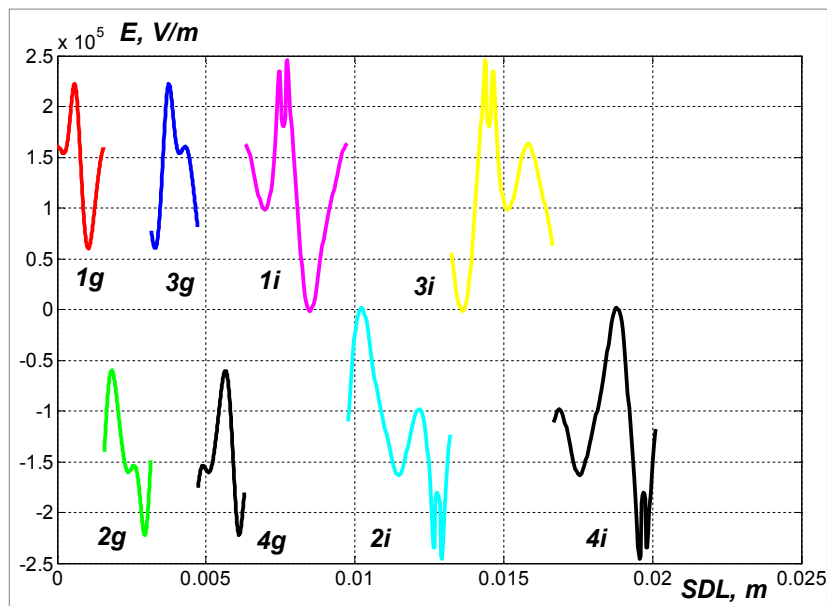


Рис. 2 – Розгортка напруженості електричного поля по поверхнях струмопровідних жил (1g, 2g, 3g, g), ізоляції (1i, 2i 3i, 4i) для одночотвіркового кабелю ідеальної конструкції в металевому екрані

Розрахунки за формулами (1), (2) та (3) виконано для двох випадків варіації часткових ємностей від номінальних значень C_n : перший – при адитивному:

$$C = C_n \cdot \tilde{\epsilon}$$

другий – при мультиплікативному характері їх зміни :

$$C = C_n \cdot (1 + \tilde{\epsilon}),$$

де $\tilde{\epsilon}$ – випадкове число з нормальним законом розподілення.

На рис. 3 – 7 наведено результати розрахунків для симетричного одночотвіркового кабелю (діаметр провідника 0,5 мм, товщина поліетиленової ізоляції 0,25 мм). Номінальні значення часткових електричних ємностей становлять 100 пФ при погонних значеннях 16 пФ/м, тобто довжина кабелю дорівнює 6,25 метри.

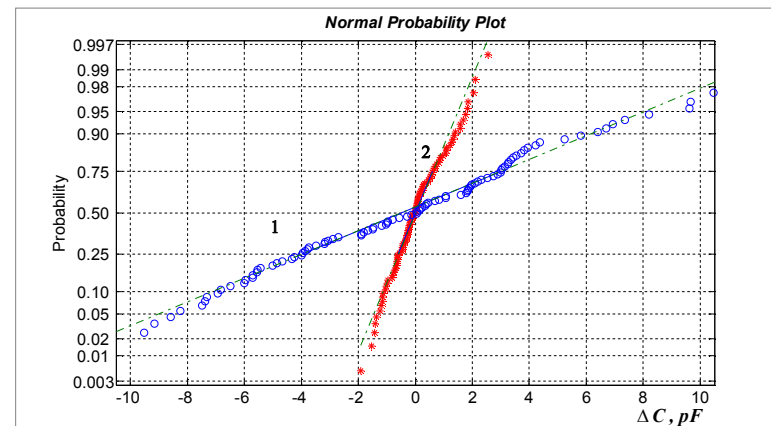


Рис. 3 – Інтегральні функції розподілу відхилень ємностей від номінальних значень у випадку адитивного характеру варіації часткових ємностей

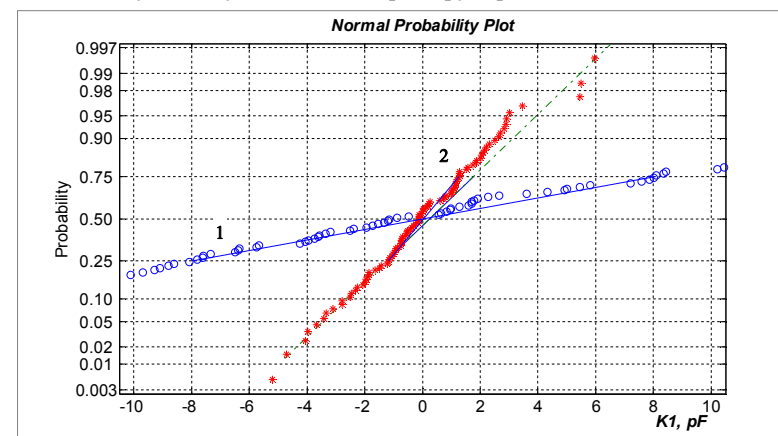


Рис. 4 – Інтегральні функції розподілу ємнісної асиметрії K_1 у випадку адитивного характеру варіації часткових ємностей

Коефіцієнт варіації часткових ємностей у випадку адитивного характеру (рис. 3 – 5) становить $\sigma/C = 5\%$ (крива 1) та 1% (крива 2) відповідно. Коефіцієнт варіації часткових ємностей у випадку мультиплікативного характеру (рис.6) становить $\sigma/C = 0,1\%$ (крива 1) та $0,01\%$ (крива 2) відповідно.

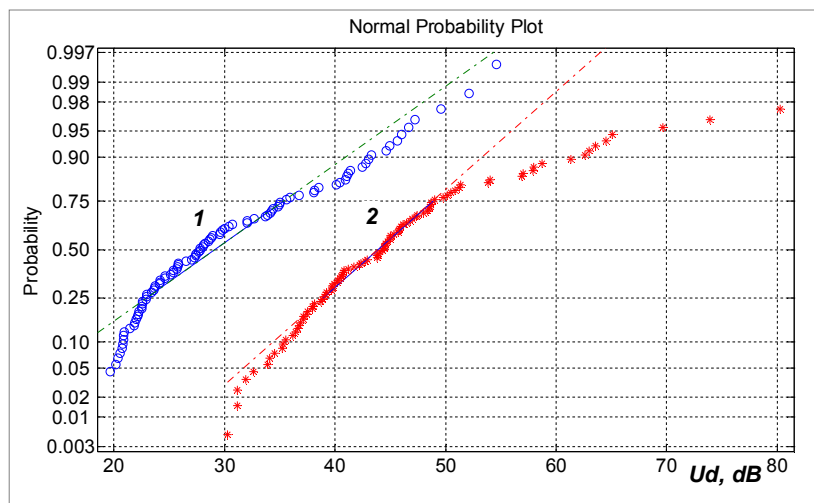


Рис. 5 – Інтегральні функції розподілу перехідного загасання U_d між сусідніми парами у випадку адитивного характеру варіацій часткових ємностей

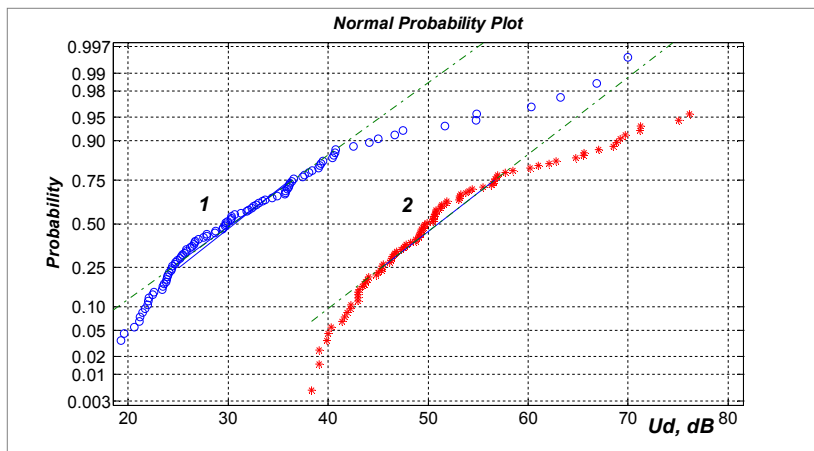


Рис. 6 – Інтегральні функції розподілу перехідного загасання U_d між сусідніми парами у випадку мультиплікативного характеру варіацій часткових ємностей

Таким чином, варіації часткових ємностей суттєво впливають на перехідне загасання між сусідніми парами.

При адитивному характері зміни стандартне відхилення U_d дорівнює 10,6 дБ ($\Delta C=4,9\%$, $\sigma/C = 5\%$) та 11,7 дБ ($\Delta C=0,92\%$, $\sigma/C = 1\%$) відповідно. Рівні напруги перешкоди між сусідніми парами становлять 45 дБ ($\Delta C=0,92\%$) та 27 дБ ($\Delta C=4,9\%$) на рівні 50% вірогідності відповідно.

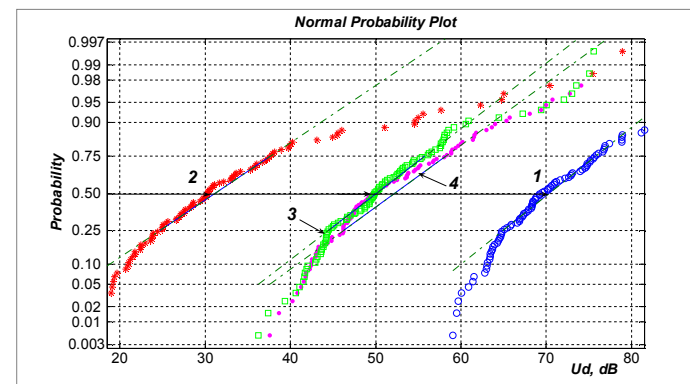


Рис. 7 – Інтегральні функції розподілу перехідного загасання U_d між сусідніми парами у випадку адитивного (криві 1,3) та мультиплікативного (криві 2, 4) характеру варіацій часткових ємностей:
1, 2 – $\sigma/C = 0,1\%$; 3 – $\sigma/C = 1\%$; 4 – $\sigma/C = 0,01\%$

При однакових коефіцієнтах варіації $\sigma/C = 0,1\%$ розкид часткових ємностей становить 0,101% та 10,1% у випадку адитивного (крива 1) та мультиплікативного (крива 2) характеру їх зміни (рис.7) відповідно. В результаті перехідне загасання в 2, 33 рази менше, тобто рівень взаємних впливів між сусідніми парами більше (рис.7, криві 1 та 2 на рівні 50% вірогідності) при мультиплікативному характері варіацій часткових ємностей.

Характер зміни варіацій часткових ємностей практично не впливає на перехідне загасання при їх однакових значеннях: $\Delta C=0,92\%$, криві 3 та 4 рис.7.

Значення перехідного загасання, яке дорівнює 27 – 30 дБ, мають симетричні абонентські дроти для передачі аналогових телефонних сигналів в спектрі тональних частот. Виходячи з цього, настройки технологічного обладнання повинні забезпечувати відхилення часткових ємностей симетричних кабелів для передачі цифрових сигналів в абонентській телефонній мережі не більше як на 1% від номінальних значень.

Список літератури: 1. Кох Д. Эволюция и конвергенция в электросвязи/ Д. Кох, Я. Яновский — М.: Радио и связь, 2001. 2. Бычков В.В. Широкополосные линии связи в России в ближайшей перспективе глазами кабельщиков / В.В. Бычков, Ю.Д.Дмитриев, Д.В. Хвостов// Broadcasting. Телевидение и радиовещание. — 2007. — №2.

Надійшла в редколегію 06.10.2011